

УДК 622.85:504 © Т.В. Корчагина, В.П. Потапов, Е.Л. Счастливцев, 2022

Цифровой мониторинг природно-техногенной среды для обеспечения экологической безопасности предприятий горнодобывающей отрасли

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-59-67>

Переход на цифровые технологии систем геоэкологического мониторинга приводит к значительному увеличению объемов мультимодальных данных из различных источников. Их интеграция возможна только путем создания специализированных цифровых платформ, позволяющих создание информационного пространства, обеспечивающего мировые стандарты обработки пространственных данных. Интеграция методов дистанционного и наземного мониторинга с цифровыми математическими моделями обеспечивает эффективную обработку больших объемов данных, существенно повышая эффективность принятия решений, а также комплексную оценку воздействия угледобывающего предприятия на состояние природно-техногенной среды.

Ключевые слова: цифровой мониторинг, природная и техногенная среда, экологическая безопасность, аппаратно-программный комплекс.

Для цитирования: Корчагина Т.В., Потапов В.П., Счастливцев Е.Л. Цифровой мониторинг природно-техногенной среды для обеспечения экологической безопасности предприятий горнодобывающей отрасли // Уголь. 2022. № 6. С. 59-67. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-59-67.

ВВЕДЕНИЕ

Современная система производственного мониторинга, действующая на предприятиях угольной промышленности (горнодобывающего комплекса), хотя и построена строго в соответствии с действующим природоохранным законодательством, обладает определенной периодичностью (см. таблицу) и не обеспечивает эффективного контроля экологического состояния окружающей природной среды [1].

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Применение современных методов и средств геоэкологического мониторинга неизбежно вызывает необходимость внедрения принципиально нового класса информационно-вычислительных систем, обеспечивающих создание интегрированной среды (цифровой платформы), работающей с использованием новейших подходов к обработке больших объемов разнородной информации, поступающей уже в форме потоков.

Однако ее разработка сталкивается с существенным отставанием законодательной базы по цифровизации природопользования, обеспечения геоэкологического мониторинга и экологической безопасности ведения

КОРЧАГИНА Т.В.

Канд. техн. наук,
Директор ООО СИГД
АО ХК «СДС-Уголь»,
650066, г. Кемерово, Россия,
e-mail: t.korchagina@sds-ugol.ru

ПОТАПОВ В.П.

Доктор техн. наук,
главный научный сотрудник
Кемеровского филиала ФИЦ ИВТ,
650025, г. Кемерово, Россия,
e-mail: vadimptpv@gmail.com

СЧАСТЛИВЦЕВ Е.Л.

Доктор техн. наук,
заведующий лабораторией
моделирования геоэкологических систем
Кемеровского филиала ФИЦ ИВТ,
650025, г. Кемерово, Россия,
e-mail: schastlivtsev@ict.sbras.ru

Периодичность производственного контроля на предприятиях угольной промышленности

Мониторинг	Способ проведения	Частота проведения	Сроки предоставления данных	Информативность для принятия решений
Водных ресурсов (поверхностные воды)	Отбор проб и их исследование лабораторными методами	От 1 раза в месяц, (до 1 раза в квартал), как правило, по открытой воде (9-12 раз в год)	От нескольких суток до нескольких недель (протокол)	Отсутствует
Атмосферного воздуха	Отбор проб и их исследование лабораторными методами	До 50 замеров в год	От нескольких суток до нескольких недель (протокол)	Отсутствует
Земельных ресурсов	Полевые исследования	1 раз в 5 лет	Отчет	Отсутствует
Растительного покрова	Полевые исследования	1 раз в 5 лет	Отчет	Отсутствует
Животного мира	Полевые исследования	1 раз в 5 лет	Отчет	Отсутствует

горных работ. Поэтому сегодня мы вынуждены ориентироваться на Указы Президента РФ и некоторые постановления Правительства РФ, которых явно недостаточно для эффективной работы современных систем мониторинга.

Следует отметить, что Постановлением Правительства РФ от 13 марта 2019 г. № 262 [2] утверждены Правила создания и эксплуатации системы автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ и (или) сбросов загрязняющих веществ. Однако основная масса объектов горнодобывающей промышленности не подпадает под это постановление.

Разработанный нами в процессе многолетних работ программно-аппаратный комплекс информационно-вычислительной системы экологической безопасности представляет собой в наиболее общем виде цифровую фабрику по обработке мультимодальных потоков пространственной информации [3].

Структура программно-аппаратного комплекса (рис. 1) состоит из системы взаимосвязанных во времени и пространстве блоков, обеспечивающих сбор, обработку, хранение и анализ данных мониторинга природной среды, их удобное представление для оценки контроля состояния и принятия соответствующих решений.

Программно-аппаратный комплекс как цифровая фабрика по обработке мультимодальных потоков пространственной информации обеспечивает:

- наземный и дистанционный (космический) мониторинг:
 - водных ресурсов;
 - почвенного покрова;
 - растительного покрова и животного мира;
 - снегового покрова;
 - распространения и выпадения загрязняющих веществ (ЗВ) из атмосферы;
- оценку и прогноз воздействия факторов угледобычи на природную среду и человека при ведении горных работ, включающих:
 - состояние и оценку качества водных ресурсов;
 - состояние и оценку качества и загрязнения атмосферного воздуха и выпадения ЗВ;
 - состояние и оценку качества почв и растительности;
- при взрывных горных работах расчетную оценку (на каждый взрыв):
 - распространения и выпадения загрязняющих веществ из атмосферы;
 - сейсмического воздействия;

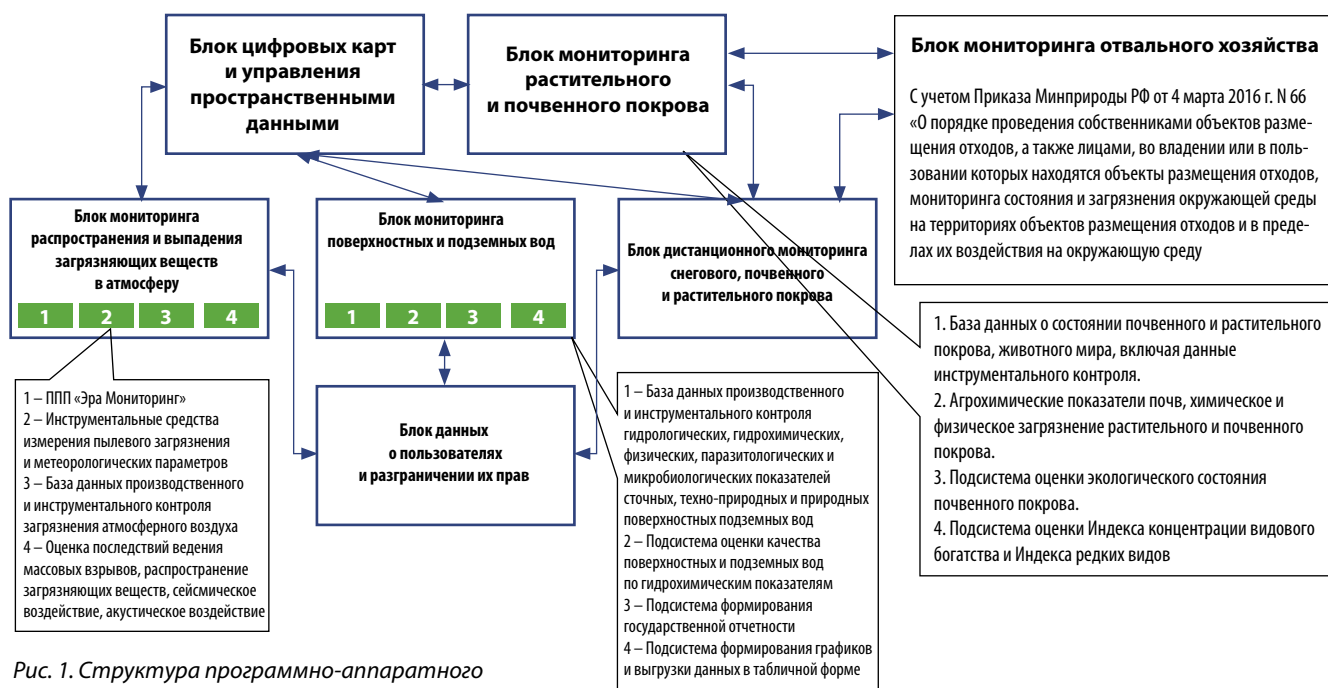


Рис. 1. Структура программно-аппаратного комплекса информационно-вычислительной системы экологической безопасности

изводства и контроля (надзора), повысить уровень гибкости и кастомизации с учетом требований конечных пользователей.

Одним из основных элементов цифровой фабрики является блок, реализующий процедуру ETL (Extract, Transform, Load – дословно: «извлечение, преобразование, загрузка»). В его рамках данные из нескольких систем-источников проходят несколько стадий преобразования и попадают в систему-приемник, реализованный как хранилище мультимодальных данных.

Реализация на основе цифровой фабрики программно-аппаратного комплекса «ЭРАвоздух» обеспечивает мониторинг распространения атмосферных загрязнений в режиме текущего (реального) времени. Программно-аппаратный комплекс состоит из:

- средств инструментального измерения (контроля) пылевого загрязнения и метеорологических параметров атмосферного воздуха на основе технологии «Интернета вещей»;
- расчетного модуля распространения загрязняющих веществ на основе программного комплекса «Эра» 3.0, имеющего соответствующую Государственную регистрацию (Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды № 140-09213/20и от 30.11.2020);
- базы данных производственного контроля и инструментального мониторинга загрязнения атмосферного воздуха;
- системы оценки распространения загрязняющих веществ, сейсмического и акустического воздействия при массовых взрывах (на каждый взрыв).

Структура программно-аппаратного комплекса мониторинга атмосферного воздуха с использованием «Интернета вещей» представлена на рис. 4.

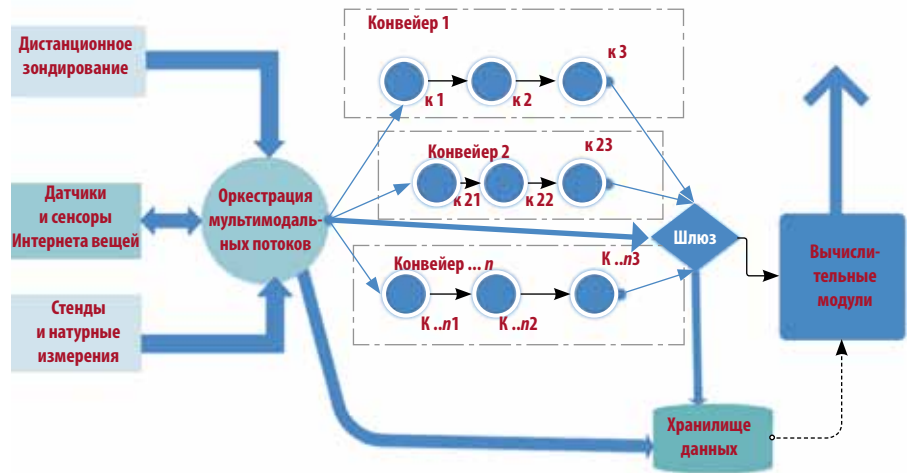


Рис. 3. Информационная модель цифровой фабрики на основе средств контейнеризации и оркестрации

База источников аэропромвыбросов программно-аппаратного комплекса системы включает не только источники выбросов самого предприятия, но и источники, расположенные на сопредельных территориях, вклад которых в общее загрязнение превышает 5% от общего загрязнения территории. Аппаратный комплекс обеспечивает систему данными о метеорологических параметрах атмосферного воздуха, пылевом, пылегазовом загрязнении в точках установки датчиков, которые поступают, хранятся и обрабатываются в соответствующих базах данных. Комплекс обеспечивает оценку пылевого загрязнения, включая респираторную пыль, в соответствии с действующими нормативами.

В системе реализованы типовые международные протоколы сбора, обработки и передачи данных.

При работе в режиме текущего времени программно-аппаратный комплекс обеспечивает взаимодействие расчетного модуля с пылевыми (пылегазовыми) датчиками и мобильным метеокomплексом с заданной частотой. Расчетный модуль показывает распределение пылевого (пылегазового) загрязнения атмосферного воздуха и вклад

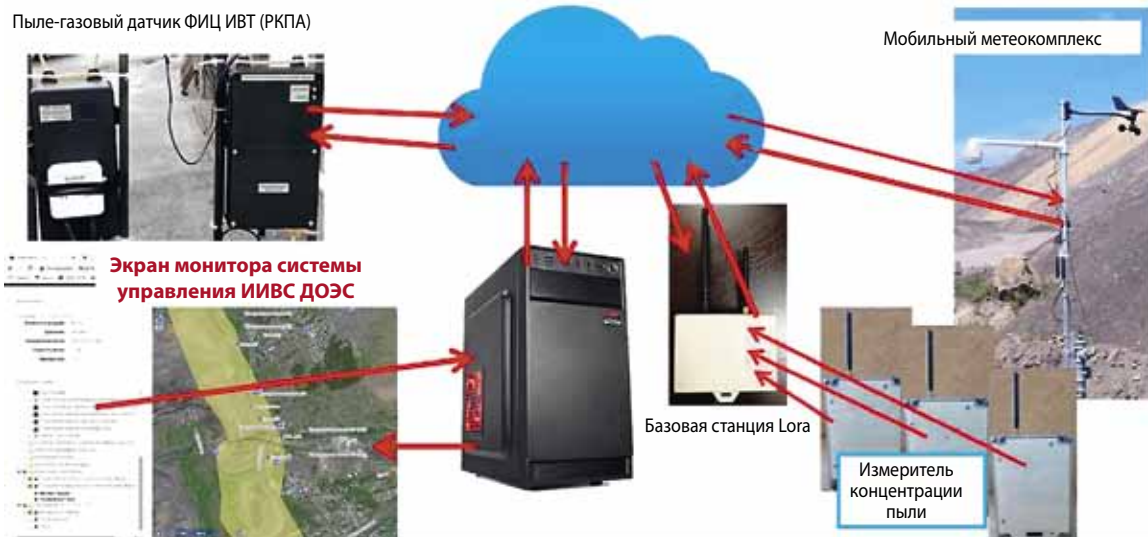


Рис. 4. Состав и взаимодействие элементов программно-аппаратного комплекса

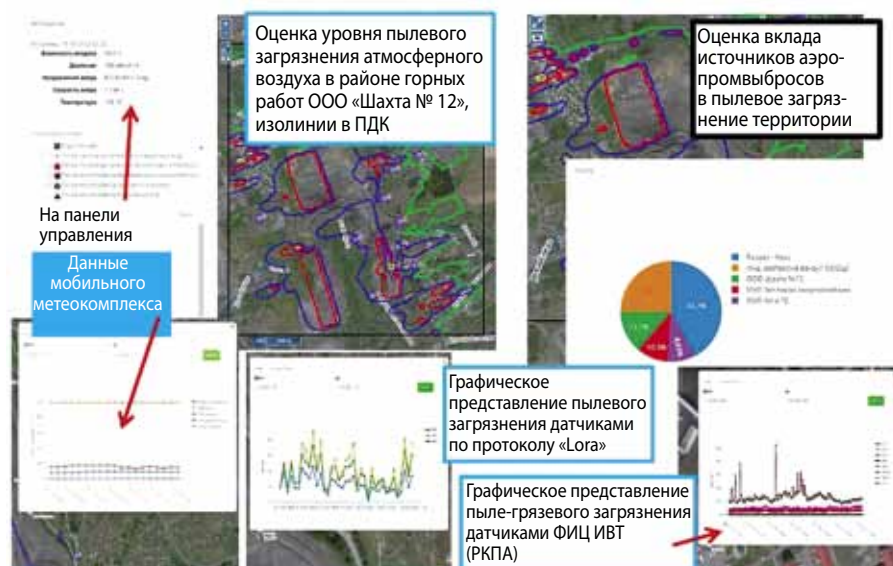


Рис. 5. Пример работы программно-аппаратного комплекса мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в режиме текущего (реального) времени

источников выброса загрязняющих веществ в общее загрязнение в районе горных работ (рис. 5).

На рис. 6 показано взаимодействие расчетного модуля с данными дистанционного мониторинга и наземной снеговой съемки при анализе выпадения пылевых частиц от всех источников выбросов на земную поверхность в районе ведения горных работ.

Снеговая съемка, совместно с датчиками «Интернета вещей» измерения пылевого и пылегазового контроля загрязнения атмосферного воздуха обеспечивает верификацию расчетного модуля программно-аппаратного комплекса мониторинга и оценки состояния атмосферного воздуха, совместно с пылевыми и пылегазовыми датчиками обеспечивает определение вклада предприятия в общее загрязнение атмосферного воздуха.

русле водного объекта, так и с датчиков (например, работающих по технологии «Интернета вещей») определения расхода (забор, сброс) и гидрохимического загрязнения природных и техногенных вод (рис. 7).

Для учета водоотведения средствами измерений создана схема, соответствующая форме 1.4 [6]. Она содержит сведения о ежедневном водоотведении (дата измерения, показания измерительного прибора, время его работы и расход воды). Учет объема забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов и объема сброса сточных вод и (или) дренажных вод должен производиться сред-

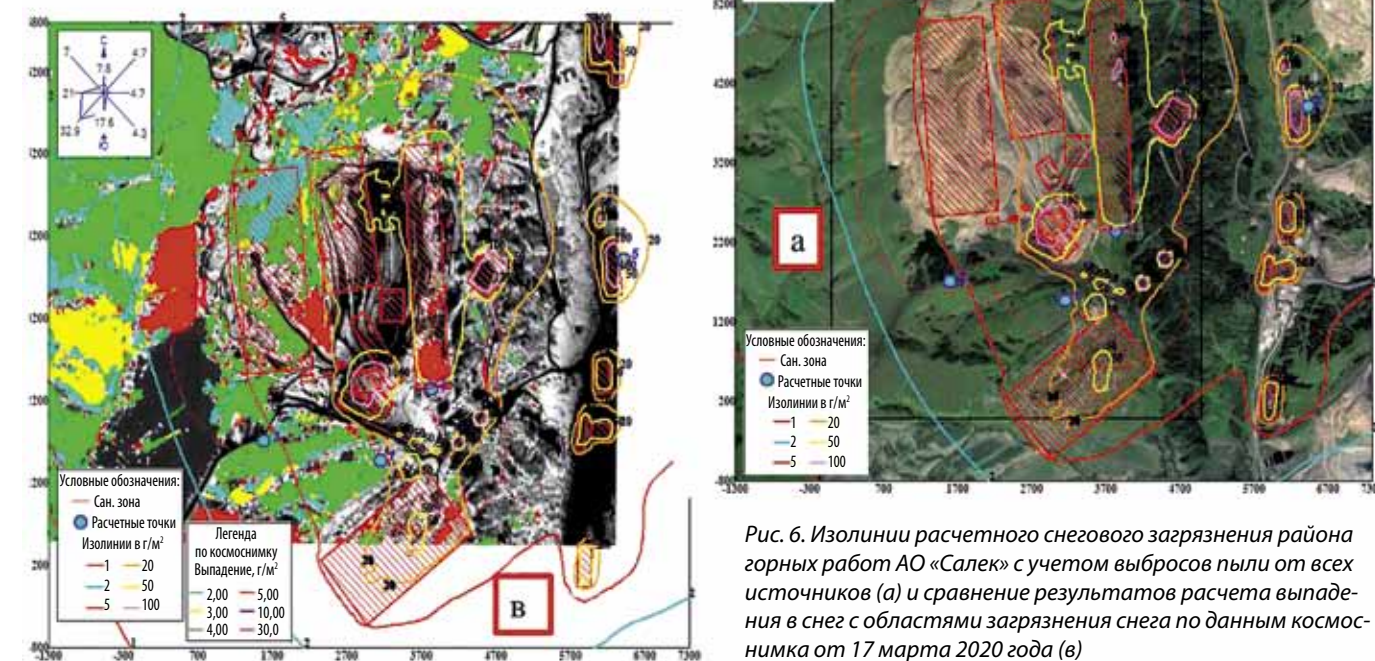


Рис. 6. Изолинии расчетного снегового загрязнения района горных работ АО «Салек» с учетом выбросов пыли от всех источников (а) и сравнение результатов расчета выпадения в снег с областями загрязнения снега по данным космоснимка от 17 марта 2020 года (б)

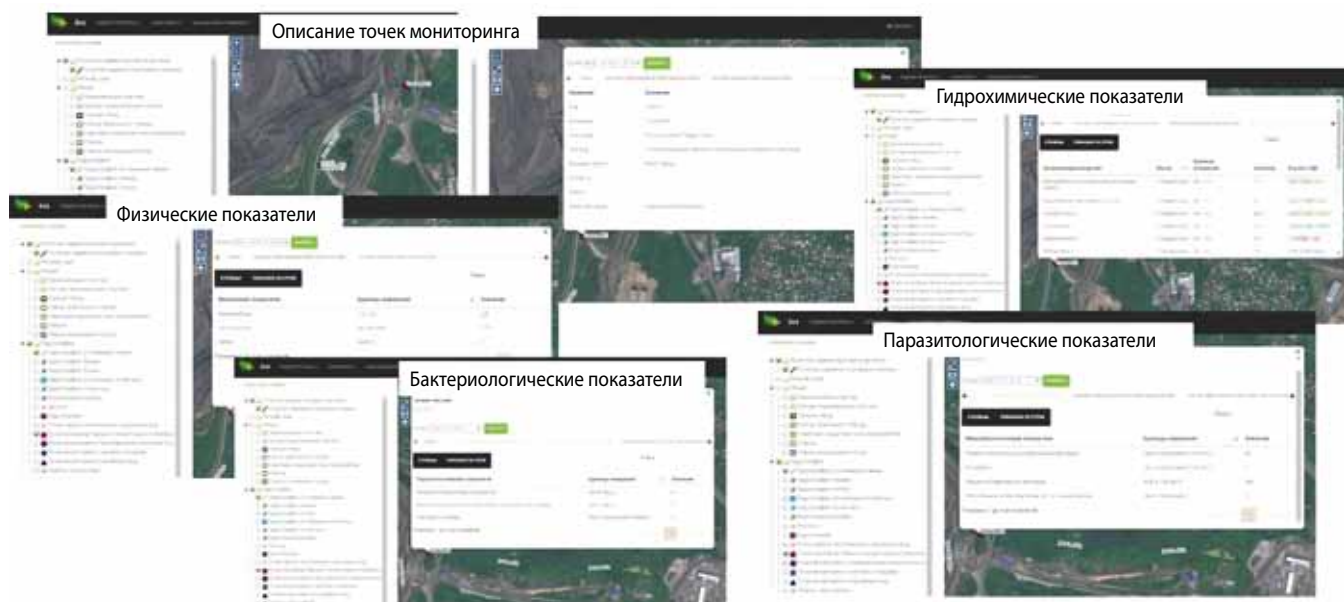


Рис. 7. Пример работы базы мониторинга водных ресурсов

ствами измерений, внесенными в Государственный реестр средств измерений.

Для учета водоотведения другими методами создана схема, соответствующая форме 1.6 [6]. Она содержит сведения о ежедневном отведении вод и прочие атрибуты (идентификатор, дату, производительность насосов или удельный расход электроэнергии, время работы оборудования). Для учета качества сбрасываемых сточных и дренажных вод создана база данных, соответствующая форме 2.2 [6]. Она содержит дату отбора пробы, наименования ингредиентов, их концентрацию, расход воды. В базе данных представлено подробное описание пунктов учета водоотведения и водопотребления (промышленное предприятие, участок, название, широта, долгота, средства учета, периодичность учета, приемник или источник вод).

Мультиmodalность приема данных программно-аппаратным комплексом экологической безопасности горнодобывающего предприятия обеспечивает эффективную реализацию данных дистанционного (космического) мониторинга. Дистанционный мониторинг позволяет вести контроль состояния как почвенного и растительного покровов, так и загрязнения водных ресурсов.

Эффективность дешифрирования во многом зависит от выбора оптимальных технологических решений, проработанных методик, наземного информационного обеспечения и подбора информационно-математических моделей, подходящих для конкретного региона исследования.

Главное назначение дистанционного мониторинга – выявить очаги экологической опасности, указать места предполагаемого загрязнения, проследить динамику состояния объекта во времени. Уточнение объектов загрязнения возможно только замерами и лабораторным исследованием образцов.

Для такого мониторинга применяются различные типы космических изображений, а именно:

- мульти- и гиперспектральные изображения (для анализа растительности);

- радарные изображения (для комплексного геодинамического мониторинга).

Для работы со спектральной информацией часто прибегают к созданию так называемых «индексных» изображений. Спектральные индексы, используемые для изучения и оценки состояния растительности, получили общепринятое название вегетационных индексов [7].

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный относительный индекс растительности – простой показатель количества фотосинтетически активной биомассы (обычно называемый вегетационным индексом). Чем лучше развита растительность во время вегетации, тем выше значение NDVI. Таким образом, NDVI – это индекс, по которому можно судить о развитии зеленой массы растений во время их роста [7, 8].

Индекс площади листа (LAI) – это безразмерная величина, характеризующая растительный покров. LAI – важный показатель в исследованиях, которые изучают состояние сельскохозяйственных культур, лесных насаждений, окружающей среды и климатических условий [9].

Содержание воды в листе (CW) является мерой количества воды, содержащейся в листе. Индекс CW является важной составляющей растительности, поскольку более высокое содержание воды указывает на более здоровую растительность [10].

Пример мониторинга растительного покрова приведен на рис. 8.

Оценка влияния горных работ на состояние растительного покрова производится на основании расчета индекса концентрации видового богатства и индекса редких видов. Для этого созданы специальные сервисы, которые находят необходимые для расчетов данные в соответствующих базах данных, сформированных в программно-аппаратном комплексе экологической безопасности горного предприятия.

Индекс концентрации видового богатства определяется по формуле:

$$I = \frac{S}{\lg(A)}$$

где S – число видов; A – площадь района.

Индекс редких видов, характеризующий количество редких и исчезающих видов, определяется по формуле:

$$ИРВ = \frac{\sum N_i}{C_i}$$

где N_i – число видов данной группы (например, высшие сосудистые растения, лишайники и т.п.); C_i – категория редкости вида (по классификации, принятой в Красной книге).

Алгоритм расчета индекса концентрации видового разнообразия и индекса редких видов растений представлен на рис. 9.

Дистанционный мониторинг почвенного покрова (рис. 10) обеспечивает контроль нарушенных, рекультивированных земель, земель с самозарастанием нарушенных площадей, качество рекультивации и эффективность самозарастания. Кроме того, современные методы дистанционной радарной съемки земли позволяют контролировать влажность почвенного покрова и другие его физические показатели.

Программно-аппаратный комплекс обеспечивает не только дистанционный контроль состояния территорий горных работ, но и сбор, хранение и обработку данных о состоянии и изменениях почвенного покрова.

В базе данных отражаются геоморфологические показатели территории горных работ, физико-механические, агрохимические, геохимические, микробиологические и паразитологические показатели состояния почвенного покрова.

Экологическое состояние почвенного покрова определяется на основании комплексного почвенно-экологического индекса (ПЭи) состояния почв на территориях, прилегающих к техногенно нарушенным участкам, который позволяет выявить степень нарушения почв и зоны влияния техногенных объектов на прилегающие территории.

$$ПЭи = 12,5(2 - V)П \cdot Дс \frac{\sum t^{\circ} > 10^{\circ} (КУ - P)}{КК + 100} A,$$

где ПЭи – почвенно-экологический индекс; V – объемная масса почвы (средняя для метрового слоя); 2 – максимально возможная плотность почв при их предельном уплотнении; П – «полезный» объем почв (в метровом слое); Дс – дополнительно учитываемые свойства почв; $\sum t^{\circ} > 10^{\circ}$ – среднегодовая сумма температур более 10°C; КУ – коэффициент

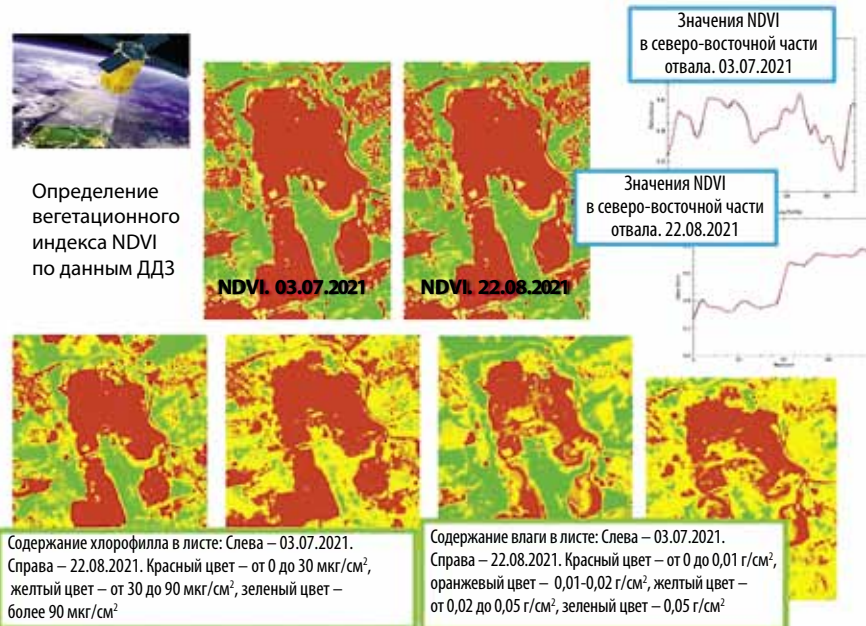


Рис. 8. Пример дистанционного мониторинга растительного покрова на одном из предприятий Кузбасса

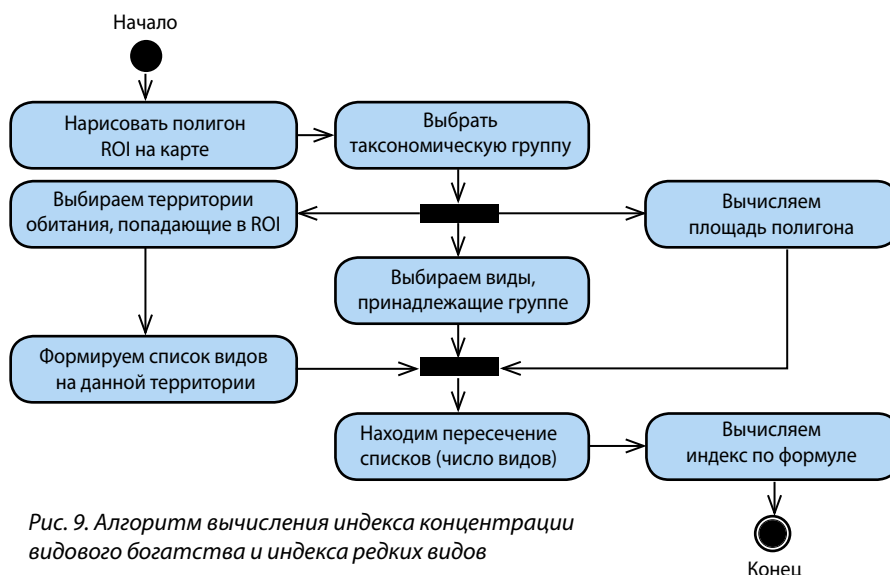


Рис. 9. Алгоритм вычисления индекса концентрации видового богатства и индекса редких видов растительного покрова

увлажнения (P – поправка к этому коэффициенту); КК – коэффициент континентальности; A – итоговый агрохимический показатель.

В настоящее время ведутся работы над программно-аппаратным комплексом мониторинга отвального хозяйства. Он создается с учетом Приказа Минприроды РФ от 4 марта 2016 г. № 66 «О порядке проведения собственниками объектов размещения отходов, а также лицами, во владении или в пользовании которых находятся объекты размещения отходов, мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды на территориях объектов размещения отходов и в пределах их воздействия на окружающую среду». В составе комплекса предполагается создание сервиса оценки устойчивости отвалов.

Таким образом, созданный программно-аппаратный комплекс мониторинга экологического состояния решает проблему объединения инструментального и программного

обеспечения для различных средств предоставления данных, а также интеграции вычислительных модулей оценки состояния окружающей природной среды на базе общей распределенной информационной платформы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Программно-аппаратный комплекс обеспечивает мониторинг, хранение, обработку информации и оценку экологического состояния природной среды в районе ведения горных работ в полном соответствии с действующим природоохранным законодательством и позволяет проводить оценку вклада предприятия в общее загрязнение природной среды с выявлением источников, дающих наибольший вклад.

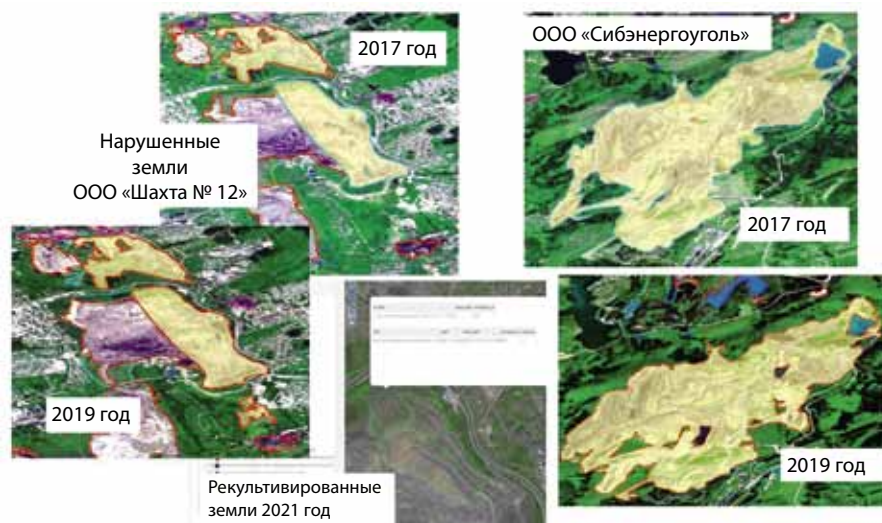


Рис. 10. Пример дистанционного мониторинга почвенного покрова на горнодобывающих предприятиях

Список литературы

1. Информационно-вычислительная система экологической безопасности ООО «Сибэнеруголь»: подходы, методы, модели / В.В. Устинов, В.П. Потапов, Е.Л. Счастливцев и др. // Уголь. 2018. № 3. С.84–90. DOI: 10.18796/0041-5790-2018-3-84-90.
2. Об утверждении Правил создания и эксплуатации системы автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ и (или) сбросов загрязняющих веществ. Постановление Правительства РФ от 13 марта 2019 г. № 262 // Собрание законодательства РФ. 2019. № 11. Ст. 1146.
3. Цифровые фабрики для комплексного решения задач экологической безопасности предприятий горнодобывающей отрасли / В.П. Потапов, Е.Л. Счастливцев, И.Е. Харлампенко и др. / Тезисы докладов IV Международной НПК «Горное дело в XXI веке: Технологии, наука, образование», г. Санкт-Петербург, 26–28 октября 2021 г. СПб.: Санкт-Петербургский горный университет, 2021. С.157.
4. Мониторинг, оценка и прогноз состояния окружающей природной среды на основе современных информационных технологий / В.П. Потапов, Е.Л. Счастливцев, А.Н. Куприянов и др. Кемерово: ИД «Азия», 2013. 112 с.
5. Потапов В.П., Шокин Ю.И., Юрченко А.В. Цифровые двойники как технология создания нового поколения систем экологического мониторинга горнопромышленных комплексов / Распределенные информационно-вычислительные ресурсы. Цифровые двойники и большие данные (DICR-2019). Труды XVII Международной конференции, г. Новосибирск, 3-6 декабря 2019 г. Новосибирск: ИБТ СО РАН, 2019. С. 9-16. URL: http://elib.ict.nsc.ru/jspui/bitstream/ICT/4694/6/DICR-2019-V3_p09-16.pdf (дата обращения: 15.05.2022).
6. Об утверждении порядка ведения собственниками водных объектов и водопользователями учета объема забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов и объема сброса сточных вод и (или) дренажных вод, их качества. Приказ Минприроды РФ от 8 июля 2009 г. № 205. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573140193> (дата обращения: 15.05.2022).
7. GIS-Lab: NDVI – теория и практика. ГИС Лаборатория. 2016. URL: <https://gis-lab.info/qa/ndvi.html> (дата обращения: 15.05.2022).
8. алерея индексов – ArcGIS Pro Документация. 2021. URL: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/2.7/help/data/imagery/indices-gallery.htm> (дата обращения:15.05.2022).
9. Cab (Leaf Chlorophyll Content) | Sentinel-Hub custom scripts. 2021. URL: <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel-2/cab/> (дата обращения: 15.05.2022).
10. Zhang F., Zhou G. Estimation of vegetation water content using hyperspectral vegetation indices: a comparison of crop water indicators in response to water stress treatments for summer maize // BMC Ecology. 2019. URL: <https://bmcecol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12898-019-0233-0> (дата обращения: 15.05.2022).

Original Paper

UDC 622.85:504 © T.V. Korchagina, V.P. Potapov, E.L. Schastlivtsev, 2022
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 6, pp. 59-67
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-59-67>

Title
DIGITAL MONITORING OF THE NATURAL AND MAN-MADE ENVIRONMENT TO ENSURE THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF MINING ENTERPRISES

Authors
 Korchagina T.V.¹, Potapov V.P.², Schastlivtsev E.L.²

¹ Siberian Mining Institute LLC, OAO KhK "SDS-UGOL", Kemerovo, 653000, Russian Federation

² Kemerovo Branch, Federal Research Center for Information and Computational Technologies, Kemerovo, 630090, Russian Federation

ECOLOGY

Authors Information

Korchagina T.V., PhD (Engineering), Director,
e-mail: t.korchagina@sds-ugol.ru

Potapov V.P., Doctor of Engineering Sciences, Chief Researcher,
e-mail: vadimptpv@gmail.com

Schastlivtsev E.L., Doctor of Engineering Sciences, Head of the Laboratory
for Modeling Geoecological Systems, e-mail: schastlivtsev@ict.sbras.ru

Abstract

The digital shift in geo-environmental monitoring systems leads to a significant increase in the volume of multimodal data from a variety of sources. Their integration is only possible through the creation of dedicated digital platforms that enable the creation of an information space to provide global standards for spatial data processing. Integration of remote and ground-based monitoring methods based on digital mathematical models provides effective processing of large volumes of data, significantly increasing the efficiency of decision-making, as well as a comprehensive assessment of the impact of coal mining enterprise on the condition of natural and man-made environment.

Keywords

Digital monitoring, Natural and man-made environment, Environmental safety, Hardware and software suite.

References

1. Ustinov V.V., Potapov V.P., Schastlivtsev E.L., Tsarev D.S., Kharlampenkov I.E. & Krisanova A.M. Data computing system of environmental safety of "Sibenergougol" LLC: approaches, methods and models. *Ugol'*, 2018, (3), pp. 84–90. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2018-3-84-90.
2. On Approval of Rules for designing and operation of automatic system to monitor pollutant emissions and/or pollutant discharges. Decree No. 262 of the Government of the Russian Federation as of March 13, 2019. *Collection of Laws of the Russian Federation*, 2019, (11), Art. 1146. (In Russ.).
3. Potapov V.P., Schastlivtsev E.L., Kharlampenkov I.E. & Bykov A.A. Digital factories for integrated solution of environmental safety tasks of mining operations / Abstracts of the IV International Scientific and Practical Conference "Mining in the XXI Century: Technology, Science, Education", St. Petersburg, October, 26–28, 2021, St. Petersburg, St. Petersburg Mining University, 2021, pp.157. (In Russ.).
4. Potapov V.P., Schastlivtsev E.L., Kupriyanov A.N., Androkhonov V.A. et al. Monitoring, assessment and forecasting of environmental conditions based on ad-

vanced information technologies. Kemerovo, Asia Publ., 2013, 112 p. (In Russ.).

5. Potapov V.P., Shokin Yu.I. & Yurchenko A.V. Digital twins as a technology to create a new generation of environmental monitoring systems of mining complexes / Distributed Information and Computing Resources. Digital Twins and Big Data (DICR-2019). Proceedings of the XVII International Conference, Novosibirsk, December 3–6, 2019, Novosibirsk, Institute of Computational Technologies, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2019, pp. 9–16. Available at: http://elib.ict.nsc.ru/jspui/bitstream/ICT/4694/6/DICR-2019-V3_p09-16.pdf (accessed 15.05.2022). (In Russ.).

6. On approval of the procedure for owners of water bodies and water users to keep records of intake (withdrawal) volumes of water resources from water bodies and the volume of wastewater and/or drainage water discharge, and their quality. Decree No. 205 of the Government of the Russian Federation as of July 8, 2009. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/573140193> (accessed 15.05.2022). (In Russ.).

7. GIS-Lab: NDVI – theory and practice. GIS Laboratory. 2016, Available at: <https://gis-lab.info/qa/ndvi.html> (accessed 15.05.2022). (In Russ.).

8. Index Gallery – ArcGIS Pro Documentation. 2021, Available at: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/2.7/help/data/imagery/indices-gallery.htm> (accessed 15.05.2022). (In Russ.).

9. Cab (Leaf Chlorophyll Content) | Sentinel-Hub custom scripts. 2021, Available at: <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel-2/cab/> (accessed 15.05.2022).

10. Zhang F. & Zhou G. Estimation of vegetation water content using hyperspectral vegetation indices: a comparison of crop water indicators in response to water stress treatments for summer maize. *BMC Ecology*, 2019, Available at: <https://bmcecol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12898-019-0233-0> (accessed 15.05.2022).

For citation

Korchagina T.V., Potapov V.P. & Schastlivtsev E.L. Digital monitoring of the natural and man-made environment to ensure the environmental safety of mining enterprises. *Ugol'*, 2022, (6), pp. 59–67. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-59-67.

Paper info

Received March 3, 2022

Reviewed April 2, 2022

Accepted May 23, 2022

Оригинальная статья

УДК 622.85:336.64 © О.Б. Шевелева, О.В. Зонова, Е.В. Слесаренко, 2022

Экологическая безопасность регионов сырьевой ориентации: инвестиционно-инновационный аспект

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-67-73>

Крупные предприятия добывающей промышленности подходят к осуществлению деятельности все более экологически ответственно, реализуя принципы корпоративной и социальной справедливости, что позволяет в некоторой мере нивелировать проблемы, сопровождающие производственный процесс добычи полезных ископаемых. Однако в силу специфики этого процесса деятельность добывающих производств и на

ШЕВЕЛЕВА О.Б.

Канд. экон. наук, доцент,
доцент кафедры финансов и кредита
КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: shob.fk@kuzstu.ru.ru